BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

document public

AGENCE NATIONALE DE VALORISATION
DE LA RECHERCHE

CONTRAT D'AIDE A L'INNOVATION
A 91 07 059 F

utilisation des sables glauconieux comme amendement anti-chlorosant du vignoble champenois

rapport intermédiaire n° 2
janvier 1992 - décembre 1993

H. Gaboriau

janvier 1994
R 37932

numéro de référence R 10480000

BRGM
DIRECTION DE L'EXPLORATION ET DES PROCEDES
Département des Procédés et Analyse
BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 - France - Tél.:(33) 38 64 34 34

RESUME

Ce rapport présente l'état d'avancement à fin 1993 des travaux réalisés par le Groupement BRGM - Société COMPAS pour certifier l'efficacité des sables à glauconie comme amendement anti-chlorosant.

Tous les essais de traitement en vraie grandeur sont mis en place. Ces essais doivent permettre de vérifier l'**action préventive** (apport avant plantation) et l'**action curative** (apport sur une jeune vigne chlorosée) des produits à base de glauconie.

Les premières mesures de contrôle sur les parcelles en **traitement curatif** ont été réalisées en 1992 et 1993 (notation visuelle de la chlorose, rendement aux vendanges). Ces deux années d'observation montrent que le traitement curatif à base de glauconie n'a pas encore donné de résultats significatifs. Comparativement les chélates de fer conduisent à une diminution de la chlorose dès leur application mais les traitements doivent être renouvelés tous les ans. L'efficacité des glauconies n'est certes pas aussi rapide, mais devra être appréciée sur le moyen/long terme. Une à deux années d'observations supplémentaires seront donc encore nécessaires pour apprécier totalement l'effet curatif du traitement à base de glauconie.

Dans le cas des **traitements préventifs**, les plants de vignes n'ont pas atteint un développement suffisant pour apprécier l'influence des apports de sable à glauconie. Au stade actuel, il ne semble pas que le traitement à la glauconie influe (positivement ou négativement) sur la pousse des jeunes plants de vignes. Les premières mesures (notation de la chlorose, rendement aux vendanges) seront réalisées en 1994 et se poursuivront en 1995, 1996 et 1997. Ce délai est nécessaire pour certifier l'efficacité du traitement préventif.

Plusieurs années d'observations sont donc nécessaires pour certifier l'efficacité et la durée des traitements (préventif et curatif) par apport de glauconie. **La certification des traitements curatifs ou préventifs à base de glauconie sera achevée en 1997, d'où la nécessité de repousser la constat de fin de programme à cette période (décembre 1997).**

Une évaluation économique complémentaire nous permet de comparer les prix de revient pour les traitements réalisés avec du sable brut ou avec un concentré de glauconie. Elle montre que :

- la production de **concentré** n'est pas envisageable. En effet, les coûts de traitement sont très nettement supérieurs aux économies de transport ;

- le prix de revient du **sable glauconieux brut**, pour une production voisine de 50 000 t/an est estimé à 106 F/t (livraison du sable sur les parcelles en camion 10 m3 - transport de 100 km). Le transport représente 70 % des coûts d'exploitation.

L'autorisation préfectorale d'exploitation de la carrière de Saulces-Monclin avait été accordée en décembre 1990 pour une durée de 3 ans. Cette autorisation a été renouvelée en 1993 pour une nouvelle période de 10 ans.

L'utilisation des glauconies comme amendement anti-chlorosant n'est pas la seule utilisation potentielle. Nous avons pris contact avec le Centre de Recherche et d'Expérimentation Horticole de la Région Centre (CREHOR) pour rechercher de nouvelles possibilités d'utilisation des glauconies en horticulture, maraîchage, pépinières... Le CREHOR a réalisé des essais préliminaires afin de vérifier l'intérêt agronomique d'un apport de glauconie dans un substrat horticole.

TABLE DES MATIERES

RESUME 1

INTRODUCTION 5

1. CADRE GENERAL DE L'ETUDE 6

1.1. Présentation de l'étude - objectifs 6
1.2. Structure juridique : groupement de recherche "Champagne-Ardennes" 7
1.3. Partenariat technique 7

2. RAPPEL DES TRAVAUX REALISES EN 1990-1991 8

2.1. Maîtrise foncière 8
2.2. Caractérisation des sables à glauconie 8
2.3. Utilisation des sables à glauconie dans la lutte contre la chlorose ferrique : mise en place des essais de traitement préventif 9
2.4. Préparation d'un concentré de glauconie 9

3. BILAN TECHNIQUE 1992 - 1993 11

3.1. Maîtrise foncière 11
3.2. Utilisation des sables bruts et des concentrés de glauconie dans la lutte contre la chlorose ferrique : mise en place des essais de traitement curatif 11
3.3. Suivi des traitements et mesures de contrôle 12

3.3.1. Analyses de sols 12
3.3.2. Traitement curatif 12
3.3.3. Traitement préventif 17
3.3.4. Démarches en matière d'homologation 17

3.4. Approche économique des coûts de traitement de la chlorose par apport de glauconie 18
3.5. Possibilités de diversification : le marché des substrats horticoles 18

3.5.1. Evaluation sommaire du marché des substrats horticoles 19
3.5.2. Programme expérimental 20

4. CONCLUSION 21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales caractéristiques des sols avant apport de glauconie

Tableau 2 : Principales caractéristiques des matériaux utilisés comme amendement anti-chlorosant

Tableau 3 : Notation visuelle de la chlorose - Essai de traitement curatif d'une jeune vigne (Champagne Duval-Leroy à Vertus) - Mesures réalisées par A. Perraud (CIVC)

Tableau 4 : Récolte vendange 1992 et 1993 - Essai de traitement curatif d'une jeune vigne (Champagne Duval-Leroy à Vertus) - Mesures réalisées par A. Perraud (CIVC)

Tableau 5 : Evaluation préliminaire de la consommation française de substrats horticoles

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Renouvellement de l'autorisation préfectorale d'ouverture de carrière à Saulces-Monclin

Annexe 2 : Décisions du bureau d'homologation des matières fertilisantes et des supports

Annexe 3 : Approche économique des coûts de traitement

Annexe 4 : Marché des substrats horticoles - Compte rendu des essais

INTRODUCTION

Le BRGM et la Société COMPAS (spécialisée dans la distribution et la commercialisation d'engrais et de produits phytosanitaires en Champagne) se sont associés sous la dénomination de "Groupement de Recherche Champagne-Ardennes" pour certifier l'intérêt des sables à glauconie comme amendement anti-chlorosant du vignoble champenois. **L'objectif à terme est de proposer aux viticulteurs une solution économique de lutte contre la chlorose ferrique.**

L'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche apporte son soutien à la réalisation de ce programme (contrat d'aide à l'innovation A 91 07 059 du 3 juillet 1991). Ce rapport présente l'état d'avancement des travaux réalisés par le Groupement à fin décembre 1993 :

- contrôle d'efficacité des sables à glauconie dans la lutte contre la chlorose ferrique : mise en place des essais de traitement curatif ;

- certification des traitements et mesures de suivi ;

- recherche de possibilités de diversification : secteur horticole ;

- évaluation économique des coûts de traitement.

1. CADRE GENERAL DE L'ETUDE

1.1. PRESENTATION DE L'ETUDE - OBJECTIFS

Une surface importante du vignoble champenois souffre de chlorose ferrique (8.000 ha de terres chlorosantes pour une surface totale en appellation contrôlée de 30.000 ha). Il s'agit d'une carence des sols en fer assimilable, induite par un taux de calcaire actif très important (l'absorption du fer est entravée par un excès de chaux qui immobilise le fer dans le sol). La chlorose ferrique perturbe la fécondation et réduit le volume de la récolte.

Les apports de terre ferrugineuse pratiqués avant plantation (1.000 m3/ha) par les viticulteurs champenois répondent partiellement à cet objectif de lutte préventive contre la chlorose. Les viticulteurs ont également très largement recours au traitement curatif par apport de chélates de fer (composés organiques de fer). Ces produits sont utilisés soit par incorporation au sol, soit en pulvérisation foliaire. Les chélates sont d'une efficacité certaine, mais d'un coût élevé :

- le prix d'un chélate de fer (Séquestrène) est d'environ 165 F/kg ; la dose d'application est généralement de 30 kg/ha, soit un coût unitaire par traitement (application non comprise) d'environ 5000 F/ha ;

- le temps d'action des traitements par apport de chélates est faible (1 à 2 ans).

En relation avec les représentants du Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne (CIVC), le BRGM a proposé d'utiliser les sables glauconieux de l'Albien ardennais comme matériau d'amendement anti-chlorosant. En effet des travaux réalisés par la station agronomique de l'INRA d'Angers avaient montré **l'effet anti-chlorosant des glauconies (argiles ferrifères)** dans le vignoble de la Loire moyenne. Une étude réalisée par le BRGM (Agence régionale Champagne-Ardennes) et le CIVC en 1989 souligne l'intérêt économique potentiel de ce matériau naturel dans la lutte contre la chlorose par rapport aux traitements classiques.

L'objectif de ce projet est de démontrer la viabilité technique et économique du traitement de la chlorose ferrique par apport de glauconie. Ce traitement devra présenter une grande durée d'action. Le caractère **naturel** des sables glauconieux représente un second atout par rapport aux chélates.

L'objectif principal de ce programme est de certifier l'effet anti-chlorosant de la glauconie :

- **contrôle de l'efficacité du traitement**, d'une part à titre **préventif** (apport avant plantation) et d'autre part à titre **curatif** (apport dans le vignoble planté en jeunes vignes) ;

- intérêt relatif des différentes **formes d'application (sable glauconieux brut, concentré glauconieux, concentré dopé par ajout de pyrite) et détermination des concentrations efficaces** ;

- évaluation des coûts pour ces différents traitements.

1.2. STRUCTURE JURIDIQUE : GROUPEMENT DE RECHERCHE CHAMPAGNE-ARDENNES"

Pour développer ce programme et valoriser les sables à glauconie, le BRGM s'est associé en avril 1991 à la société COMPAS, qui distribue et commercialise plus de 50 % des engrais et produits phyto-sanitaires dans le vignoble champenois. L'intérêt de cette association baptisée "Groupement de Recherches Champagne-Ardennes" est de maîtriser toutes les étapes, de la production à la commercialisation, en passant par le traitement, le conditionnement et la distribution.

Les participations au sein du groupement sont respectivement de 40 % pour la société COMPAS et de 60 % pour le BRGM.

Le Groupement de Recherches Champagne-Ardennes bénéficie du **soutien de l'ANVAR** : contrat d'aide à l'innovation du 3 Juillet 1991. Ce soutien, d'un montant total de **700 000 francs** sera remboursable en cas de succès technique et commercial du projet.

1.3. PARTENARIAT TECHNIQUE

Ce projet de recherche bénéficie de **l'appui technique du Comité Inter- professionnel du Vin de Champagne (CIVC)**. Le CIVC apporte une contribution importante au développement de ce programme par sa connaissance du vignoble champenois et de ses spécificités (techniques culturales, zonage des terroirs, vinification, etc.).

Le CIVC est intervenu en particulier dans ce projet dans la définition des protocoles expérimentaux permettant de déterminer les effets des traitements (essais en plein champ) :

- choix des sites chlorosants répartis dans différents secteurs géographiques du vignoble ;

- définition d'un plan d'épandage et d'une technique d'incorporation en collaboration étroite avec les viticulteurs ;

- mise en place du suivi et certification du traitement.

2. RAPPEL DES TRAVAUX REALISES EN 1990-1991

Les travaux réalisés au cours de la période 1990 - 91font l'objet du premier rapport intermédiaire transmis à l' ANVAR en février 1992 (note technique BRGM 92N78).

2.1. MAITRISE FONCIERE

Il n'existe pas dans la région Champagne-Ardennes d'exploitation de glauconie, d'où la nécessité de rechercher un site proche du vignoble qui puisse fournir les matériaux nécessaires aux expérimentations.

Les travaux de prospection ont conduit à retenir un site favorable, riche en sables glauconieux, sur le territoire de la commune de Saulces-Monclin (Ardennes). Des accords ont été conclus avec les propriétaires et exploitants agricoles pour mettre en exploitation la zone retenue. L'autorisation préfectorale d'ouverture de carrière a été accordée en décembre 1990 pour une durée de 3 ans. Elle porte sur une superficie exploitable de 6500 m².

La carrière de Saulces-Monclin a été ouverte en juillet 1991 pour extraire les matériaux nécessaires aux essais sur vignoble. Le site a été aménagé pour être exploité et permettre l'accès des camions. L'ensemble de ces travaux d'aménagement, d'exploitation et de transport a été sous-traité à une entreprise implantée à Saulces-Monclin :

- aménagement d'un chemin d'accès et d'une plate-forme pour les manoeuvres des camions : décapage, empierrement, réalisation d'une couche de roulement ;

- décapage et mise en stock de la terre végétale.

Par ailleurs, des conventions ont été conclues avec les propriétaires des parcelles voisines. Ces conventions accordent au BRGM une autorisation exclusive de recherche pendant deux ans. Elles ont été signées en juin 1990 et **renouvelées en juin 1992 pour une nouvelle période de deux ans.**

2.2. CARACTERISATION DES SABLES A GLAUCONIE

La puissance de l'assise de sable à glauconie est, pour la zone exploitée, d'environ 4 mètres. Le recouvrement est faible, généralement inférieur à 2 mètres.

Les analyses préliminaires réalisées en 1991 (teneur en eau, granulométrie, analyses chimiques, diffractométrie X) ont permis d'identifier les différentes phases minérales porteuses de fer, susceptibles de jouer un rôle dans la lutte contre la chlorose ferrique. Cette caractérisation a également permis de définir les procédés de concentration des grains de glauconie et des phases argileuses.

Les sables à glauconie sont constitués par :

- un sable quartzeux, fin, d'une granulométrie comprise entre 100 µm et 250 µm (mode proche de 160 µm) ; cette phase représente un peu plus de 50 % du sable brut ;

- de la glauconie sensu-stricto, d'une granulométrie inférieure à 125 µm (25 % du sable brut) ;

- une fraction argileuse (< 2 µm) riche en glauconite et en smectite ferrifère (20 % du sable brut).

La glauconie et la fraction argileuse représentent donc 45 % du sable brut. La totalité du fer (et du potassium) est contenue dans ces deux phases minérales qui jouent un rôle potentiel dans la lutte contre la chlorose ferrique.

2.3. UTILISATION DES SABLES A GLAUCONIE DANS LA LUTTE CONTRE LA CHLOROSE FERRIQUE : MISE EN PLACE DES ESSAIS DE TRAITEMENT PREVENTIF

Notre objectif est de vérifier, par des **essais en vraie grandeur**, l'efficacité des sables à glauconie dans la lutte contre la chlorose ferrique. Les produits à base de glauconie peuvent avoir une action préventive (traitement avant plantation de la vigne) et/ou curative (traitement d'une vigne plantée). Les résultats de ces expérimentations ne seront connus que **dans un délai relativement long** (3 à 5 ans) ; ce n'est qu'à l'issue de cette période que nous connaîtrons de façon certaine l'efficacité des produits glauconieux et leurs avantages, par rapport aux produits existants.

Les essais de **traitement préventif** ont été mis en place en juillet 1991. **Les sables à glauconie bruts** ont été incorporés à des terres chlorosantes à raison de 1.000 m3/ha. L'apport de sables glauconieux est testé sur sept sites reconnus comme chlorosants et répartis sur l'ensemble du vignoble champenois. La superficie unitaire de chaque parcelle est d'environ 0,1 ha. L'incorporation des glauconies a été réalisée conformément aux plans d'épandage établis par A.PERRAUD du Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne : chaque site est découpé en trois bandes homogènes, la bande médiane ne recevant aucun apport de glauconie (ou tout autre traitement) et servant de bande témoin. Après épandage au bulldozer, les sables à glauconie sont incorporés aux sols par labour.

Ces parcelles ont été plantées au cours de l'hiver 1992. Les premières mesures de contrôle seront réalisées en juin 1994 et se poursuivent en 1995, 1996 et 1997.

2.4. PREPARATION D'UN CONCENTRE DE GLAUCONIE

La production d'un **concentré de glauconie** visait les objectifs suivants :

- élaboration d'un produit de **plus grande efficacité** dans la lutte contre la chlorose ferrique ;

- **réduction des coûts de transport et de mise en oeuvre** dans les parcelles par élimination du sable siliceux, pour une efficacité supposée identique.

Les essais de traitement en atelier-pilote (Département Minéralurgie, BRGM) ont permis de :

- **comparer les procédés de traitement** en voie sèche et en voie humide ;

- **de collecter les informations** nécessaires estimer les coûts opératoires d'une unité de séparation (cf. étude économique des coûts de traitement de Février 1993) ;

- **produire les quinze tonnes de concentré glauconieux nécessaires aux essais de traitement curatif** (incorporation dans du vignoble planté en jeunes vignes de moins de 15 ans).

Ces différents essais ont notamment montré que la forte proportion de particules ultra-fines et leur nature minéralogique (smectite) conduisent à des **difficultés de traitement en voie humide** : problèmes de séparation solide-liquide. Ces difficultés nous ont conduit à privilégier les procédés de traitement en voie sèche.

3. BILAN TECHNIQUE 1992-1993

3.1. MAITRISE FONCIERE

La première autorisation préfectorale d'ouverture de carrière avait été accordée en décembre 1990 pour une période de 3 ans et arrivait donc à terme en 1993. Un dossier de renouvellement a été établi en 1993 et transmis à la Préfecture des Ardennes. Une nouvelle autorisation nous a été accordée pour une période de 10 ans à compter d'août 1993.

3.2. UTILISATION DES SABLES BRUTS ET DES CONCENTRES DE GLAUCONIE DANS LA LUTTE CONTRE LA CHLOROSE FERRIQUE : MISE EN PLACE DES ESSAIS DE TRAITEMENT CURATIF

Dans cette seconde phase d'essais (essais curatifs), les produits glauconieux ont été incorporés dans des vignes en place (jeunes vignes de moins de 15 ans) atteintes de chlorose ferrique. Ces travaux ont été réalisés en février 1992.

Cette expérimentation comprend un essai dit "essai petites parcelles" (réalisation sur un site appartenant à la Société des Champagnes DUVAL-LEROY à Vertus). L'essai "petites parcelles" met en oeuvre les conditions suivantes :

- sable glauconieux brut à 200 m^3/ha ;
- concentré de glauconie à 100 m^3/ha ;
- concentré de glauconie à 100 m^3/ha + pyrite à 1 t/ha ;
- chélate de fer (Séquestrène) à 30 kg/ha/an ;
- témoins non traités.

Le site d'essai est découpé en quatre bandes. Sur chaque bande, les 5 traitements sont mis en oeuvre sur des parcelles élémentaires constituées de 6 rangs de vignes, chacun comportant 16 ceps. La répétition des traitements sur chacune des quatre bandes donnera une valeur statistique aux résultats obtenus.

Les produits à base de glauconie ont été enfouis entre les rangs de vignes après un buttage de l'ensemble de la parcelle (apport localisé au niveau des racines).

Un essai de comportement en bandes (deux bandes traitées par apport de sable à glauconie séparées par une bande médiane témoin) a été également réalisé dans la région de Vitry le François : incorporation de sable brut à glauconie à 200 m3/ha.

3.3. SUIVI DES TRAITEMENTS ET MESURES DE CONTROLE

La première phase des travaux (1990 - 1992) a été prioritairement consacrée à la caractérisation de la ressource (sables glauconieux) et à la mise en place des essais en plein champ. **Ces essais doivent faire l'objet d'un suivi rigoureux** qui permettra, à terme, de **certifier** l'effet du traitement à la glauconie et de démontrer ses avantages par rapport aux techniques existantes.

3.3.1. Analyses de sols

Des analyses de sols ont été réalisées sur toutes les parcelles faisant l'objet d'un traitement à base de glauconie (essais préventifs et curatifs). Les analyses portent sur les bandes ou blocs témoins non traités par apport de glauconie (2 horizons par témoin : 0 - 25 cm et 25 - 50 cm de profondeur). Ces analyses permettent de dresser un premier bilan de la nature des sols avant tout traitement correcteur et de connaître leur pouvoir chlorosant. Les analyses suivantes ont été réalisées :

- granulométrie ;
- carbone et azote organiques ;
- pH eau ;
- phosphore ;
- capacité d'échange totale, magnésium et potassium échangeables ;
- fer total et fer extractible à l'EDTA ;
- calcaire total, calcaire actif, indice de pouvoir chlorosant.

Les principaux résultats sont rassemblés dans le tableau (1).

Les mêmes analyses agronomiques ont été réalisées sur les produits à base de glauconie (sable à glauconie brut, concentré de glauconie) et sur le concentré de pyrite (tableau 2). La teneur en fer extractible à l'EDTA est de 107 ppm pour le sable brut et de 125 ppm pour le concentré de glauconie. Pour le concentré de pyrite, cette teneur en fer extractible atteint 9440 ppm.

3.3.2. Traitement curatif

Nous rappellerons que les essais de traitement curatif n'ont débuté qu'en février 1992. Nous avons néammoins réalisé les premières mesures de contrôle dès juin 1992 sur le site de Vertus (essai "petites parcelles") :

- notation visuelle de la chlorose (tableau 3);
- rendement aux vendanges (tableau 4).

	calcaire total g/100g		Calcaire actif g/100g		Fer facilement extractible mg/kg		Indice de pouvoir chlorosant		Fer extractible à l'EDTA mg/kg		pH EAU	
Horizons	**0-25**	**25-50**	**0-25**	**25-50**	**0-25**	**25-50**	**0-25**	**25-50**	**0-25**	**25-50**	**0-25**	**25-50**
Essais curatifs												
Duval-Leroy Vertus												
1ère répétition	49,5	60,1	21,4	28,7	21,8	24,3	451,1	485,6	8,2	8,3	8,2	8,2
2ème répétition	56,4	69,4	23,3	30,0	25,0	19,2	371,6	813	6,5	5,9	8,3	8,4
3ème répétition	55,8	65,6	21,9	29,7	20,5	18,4	523,7	881,1	6,2	5,9	8,3	8,4
4ème répétition	59,3	75,9	24,8	38,2	24,0	21,8	429,8	800,9	6,2	6,1	8,3	8,5
L'Hoste Vitry	75,1	82,3	28,3	29,9	40,2	30,6	174,9	318,5	9,2	7,5	8,0	8,4
Essais préventifs												
Duval-Leroy Vertus	51,5	59,3	18,9	24,7	23,0	18,8	356,7	699,6	8,8	9,3	8,3	8,3
Bruneaux Chavenay	29,7	34,1	9,7	11,2	20,5	33,8	231,7	98,1	10,6	25,3	8,4	8,3
Legras Vitry	80,0	84,0	42,2	44,7	128,4	130,8	25,6	26,1	15,9	15,0	8,3	8,4
Charpentier Le Breuil	14,3	33,1	2,2	5,5	30,7	27,0	23,3	75,7	11,1	9,8	8,3	8,2
Tarlant Celles les Condés	40,8	66,2	14,5	29,2	19,2	10,6	391,7	2608,6	15,1	8,7	8,3	8,4
Depit Le Breuil	26,0	45,4	8,9	14,8	18,8	29,3	251,0	171,9	8,6	18,9	8,3	8,3

Tableau 1 : Principales caractéristiques des sols avant apport de glauconie

	Fer total (Fe) g/100g	Fer facilement extractible mg/kg	Fer extractible à l'EDTA mg/kg	Capacité d'échange cationique METSON meq/100g	pH EAU
Sable à glauconie brut	**5,8**	**155,2**	**107,0**	**12,3**	**6,9**
Concentré de glauconie (teneur = 70 %)	**11,3**	**355,4**	**125,0**	**20,2**	**7,5**
Pyrite concentré de flottation	**42,0**	**/**	**9 440,0**	**/**	**/**

Tableau 2 : Principales caractéristiques des matériaux utilisés comme amendement anti-chlorosant

	Notation visuelle de la chlorose		
	10 Juin 1992	**17 Juin 1992**	**28 Juin 1993**
1	1,08	1,28	<0,5
2	0,39	0,34	<0,5
3	0,95	1,07	<0,5
4	1,01	1,20	<0,5
5	0,92	1,37	<0,5
Signification statistique	non significatif	non significatif	non significatif

Tableau 3 : Notation visuelle de la chlorose en 1992 et 1993 - Essai de traitement curatif d'une jeune vigne (Champagne DUVAL-LEROY à Vertus) - Mesures réalisées par A. PERRAUD (CIVC)

1 : témoin non traité

2 : Chélate de fer type séquestrène 34 kg/ha - traitement réalisé le 20/5/92

3 : sable à glauconie brut - 200 m3/ha - mise en place le 21/2/92

4 : concentré de glauconie - 100 m3/ha - mise en place le 21/2/92

5 : concentré de glauconie (100 m3/ha) + concentré de pyrite (1 t/ha)

Les notes de chlorose sont comprises entre 0 et 5 :

- 0 : absence de chlorose
- 5 : stade avec nécrose importante des feuilles

	Rendement (kg/cep)		Masse de 100 baies (g)		Degré		Acidité	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
1	3,22	4,63	181,40	145,82	9,77	8,85	6,88	7,40
2	3,27	4,97	184,33	137,68	9,60	8,35	6,97	7,57
3	3,21	4,65	179,13	140,02	9,72	8,55	6,90	7,45
4	3,31	4,80	168,67	140,88	9,70	8,53	7,00	7,52
5	3,40	4,61	185,53	149,18	9,65	8,90	6,80	7,35
Signification statistique	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif

Tableau 4 : Récoltes vendanges 1992 et 1993 - Essai de traitement curatif d'une jeune vigne (Champagne DUVAL-LEROY à Vertus) - Mesures réalisées par A. PERRAUD (CIVC)

1 : témoin non traité

2 : chélate de fer type séquestrène 34 kg/ha - traitement réalisé le 20/5/92

3 : sable à glauconie brut - 200 m3/ha - mise en place le 21/2/92

4 : concentré de glauconie - 100 m3/ha - mise en place le 21/2/92

5 : concentré de glauconie (100 m3/ha) + concentré de pyrite (1 t/ha)

Les résultats acquis ne permettent pas encore d'apprécier l'efficacité curative du traitement par apport de glauconie :

- manifestations très limitées de la chlorose ferrique en 1992 et 1993 : les mesures réalisées sur les parcelles témoins le montrent ;

- le traitement par apport de minéraux argileux n'est pas efficace à court terme.

Les notations visuelles après traitement au chélate de fer montrent la fiabilité de ce type de traitement : moins d'un mois après son application, ce produit conduit à un résultat effectif.

Il est donc clair dès à présent que l'efficacité du traitement par apport de glauconie devra être vérifiée sur le moyen/long terme.

3.3.3. Traitement préventif

Les vignes ont été plantées au cours de l'hiver 1992. Les plants n'ont pas atteint actuellement un stade de développement suffisant pour apporter un diagnostic. Deux à trois ans seront encore nécessaires pour apporter un diagnostic fiable sur l'intérêt de ces traitements : **les premières mesures quantitatives (contrôle de la chlorose, rendement aux vendanges) seront réalisées en 1994 et se poursuivront en 1995, 1996 et 1997.**

Au stade actuel, il ne semble pas que le traitement à la glauconie influe (positivement ou négativement) sur la pousse des jeunes plants de vignes. Toutefois, dans deux cas, l'apport de glauconie a entraîné des modifications notables :

- parcelle de Monsieur LEGRAS (Vitry). Les plants de vignes plantés sur bandes traitées ont atteint un stade de développement très nettement supérieur à celui des plants sur bande témoin non traitée : **résultat encourageant** ;

- parcelle de Monsieur BRUNEAUX (Chavenay). L'ajout de sable à glauconie à 1000 m3/ha a eu un effet négatif sur la structure du sol en conduisant à une augmentation de plasticité. Il devient impossible de travailler sur la parcelle en période de forte pluviométrie. De nombreux plants établis sur bandes traitées sont morts par asphyxie.

Ce dernier exemple montre que les sables à glauconie peuvent induire des changements importants sur la structure des sols traités. Cet aspect physique devra être pris en compte dans la certification du traitement.

3.3.4. Démarches en matière d'homologation

La mise sur le marché des matières fertilisantes et supports de cultures est réglementée. C'est pourquoi nous nous sommes adressés aux services compétents du Ministère de l'Agriculture, Sous-Direction de la Protection des Végétaux pour connaître cette réglementation.

Il nous a été confirmé que les produits glauconieux et la pyrite devraient faire l'objet d'une demande de mise sur le marché. Actuellement, notre programme est au stade de la recherche, notre objectif étant de vérifier l'action curative et préventive des traitements à base de glauconie.

Une demande a été adressée au Comité d'Homologation, afin d'obtenir une autorisation d'expérimentation. Cette autorisation a été accordée en juillet 1992 pour une période d'un an (annexe 2).

3.4. APPROCHE ECONOMIQUE DES COUTS DE TRAITEMENT DE LA CHLOROSE PAR APPORT DE GLAUCONIE

Une première approche économique, réalisée en 1989 (Utilisation des sables glauconieux comme amendement anti-chlorosant du vignoble champenois - Estimation des coûts de production de concentrés glauconieux - P. Morfaux, A. Perraud) montrait l'intérêt potentiel de la glauconie comme amendement anti-chlorosant.

Nous disposons depuis d'informations plus précises, en particulier sur la production de concentré de glauconie. L'objectif de cette approche économique est de :

- cerner les principaux facteurs de coût ;

- comparer l'ordre de grandeur des prix de revient pour le sable à glauconie brut et pour le concentré.

L'évaluation économique est reportée en annexe 3.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- Traitement avec du sable à glauconie brut.
  Le prix de revient du sable à glauconie brut, pour une production annuelle de 50 000 t/an, peut être estimé à 106 F/t, soit environ 170F/m3 (calcul réalisé pour un transport de 100 km avec livraison du matériau sur les parcelles en camion 6 roues). Le transport représente alors 70 % des coûts d'exploitation ;

- Traitement avec un concentré de glauconie à 70 %
  Le prix de revient du concentré de glauconie (concentration voie sèche), pour une production de 50 000 t/an, est estimé à 118 F/t, soit 189 F/m3 foisonné. La concentration permet de réduire le coût de transport seulement de 23 F/t. Cette réduction est inférieure au prix de revient du traitement.

Sous réserve que l'efficacité ne dépende que de la quantité de glauconie apportée, **le traitement des vignes par un concentré n'est pas économiquement viable. Nous retiendrons le traitement par apport de sable à glauconie brut comme étant la solution la plus favorable.**

3.5. POSSIBILITES DE DIVERSIFICATION : LE MARCHE DES SUBSTRATS HORTICOLES

Parallèlement à l'utilisation pour lutter contre la chlorose, nous avons recherché d'autres débouchés possible en horticulture.

Nous avons pris contact avec le Centre de Recherche et d'Expérimentation Horticole de la Région Centre (CREHOR) pour préciser :

- les éventuelles possibilités d'utilisation comme **fertilisant** en horticulture, maraîchage, pépinières : évaluation (sommaire) du marché ;

- **l'intérêt agronomique**. Les effets revendiqués sont l'apport de fer et le rôle fertilisant (potassium et oligo-éléments), mais également le rôle structurant et hydrorétenteur (en particulier régulation de la teneur en eau du substrat).

3.5.1. Evaluation sommaire du marché des substrats horticoles (cf tableau 5)

Les substrats horticoles sont généralement constitués d'un mélange tourbe blonde - tourbe brune, avec un complément argileux d'environ 40 kg par m3 de substrat. Les matériaux actuellement utilisées sont des "argiles danoises" (nature minéralogique exacte à vérifier). Ces argiles pourraient éventuellement être remplacées par des glauconies.

Types de plantes	Nombre de pots produits	Quantité de substrat (évaluation)
Potées fleuries	131 000 000	170 000 m3
Plantes à massifs	391 000 000	156 000 m3
Plantes vertes	12 700 000	16 500 m3
	Total	**342 500 m3**

Tableau 5 : Evaluation préliminaire de la consommation française de substrats horticoles (information orale CREHOR)

Sur la base d'une utilisation de l'argile à 40 kg par m3 de substrat, la consommation française d'argile dans le secteur des substrats horticoles est évaluée à **13 700 tonnes**.

Le prix de vente des substrats est de 250 F/m3 en vrac et de 300 à 350 F/m3 ensaché.

Les principales zones de consommation sont :

- Pays de Loire ;
- Région Centre ;
- Rhône-Alpes ;
- Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- Région parisienne.

L'essentiel de la consommation française de substrat est couvert par des importations d'Allemagne, Belgique, Hollande et Irlande. Les principaux fabricants-distributeurs sont originaires de ces mêmes pays. Parmi les différentes sociétés productrices de substrats, les sociétés belges (en particulier AGROFINO) pourraient constituer des cibles privilégiées en raison de la capacité de production de substrats très importante et de la proximité géographique du gisement ardennais.

3.5.2. Programme expérimental

Le CREHOR a réalisé un programme expérimental sur l'influence d'un apport d'argile à glauconie dans les substrats horticoles à base de tourbes (essais sur primevères acaules). L'objectif de ce programme à caractère préliminaire était d'évaluer l'intérêt potentiel des glauconies en horticulture. Les résultats obtenus au terme de ce premier essai sont encourageants et montrent que l'apport d'argile à glauconie permet d'obtenir des plantes satisfaisantes (compte rendu d'essai en annexe 4).

4. CONCLUSION

A ce jour, les essais d'utilisation de sable à glauconie ont tous été mis en place :

- essais de traitement préventif : apport de sable à glauconie brut avant plantation (juillet-août 1991) ; plantation de la vigne au cours de l'hiver 1991-1992 ;

- essais de traitement curatif : apport de glauconie (sable brut, concentré, concentré dopé par ajout de pyrite) sur une vigne plantée (février 1922).

Nous mettons à présent l'accent sur **le suivi et la valorisation des essais en vraie grandeur**.

Dès 1992, les premières mesures de contrôle ont été réalisées sur les parcelles en **traitement curatif** (notation visuelle de la chlorose, rendement aux vendanges). Les mêmes mesures ont été réalisées en 1993. Ces deux années montrent que le traitement curatif à base de glauconie n'est pas efficace à court terme. L'efficacité des glauconies devra donc être appréciée sur le moyen/long terme. Deux à trois années d'observations supplémentaires seront donc encore nécessaires pour apprécier totalement l'effet curatif du traitement à base de glauconie (durée du traitement).

Dans le cas des **traitements préventifs**, le suivi agronomique est resté limité en 1992 et 1993. En effet, les plants de vignes n'ont pas atteint un développement suffisant pour apprécier l'influence des apports de sable à glauconie. Les premières mesures seront réalisées en 1994 et se poursuivront en 1995, 1996 et 1997. Ce délai est encore nécessaire pour certifier l'efficacité du traitement préventif.

La certification des traitements curatifs ou préventifs à base de glauconie sera achevée en 1997. Le constat de fin de programme sera prononcé par l'ANVAR le 30 juin 1995. Le BRGM souhaite repousser le constat de fin de programme à fin 1997 pour disposer de l'ensemble des données sur les essais en cours.

En l'absence de résultat sur les différents traitements, il ne nous parait pas nécessaire d'engager de nouveaux essais.

Sur le plan économique, une approche complémentaire de celle réalisée en 1989 montre que **la production de concentré de glauconie ne semble pas envisageable**. Les coûts de traitement (concentration en voie sèche) sont très nettement supérieurs à l'économie de transport. Nous ne retiendrons donc que **le traitement par apport de sable brut**. Le prix de revient du produit brut, pour une production voisine de 50 000 t/an peut être estimé à 106 F/t (pour un transport de 100 km avec livraison du produit sur les parcelles en camion 6 roues), **le transport représentant une part majeure des coûts d'exploitation**. Le prix de revient hors transport pour le sable brut est évalué à 36 F/t.

L'autorisation préfectorale d'exploitation de la carrière de Saulces-Monclin a été accordée en 1990 pour une durée de 3 ans. Cette autorisation a donc été renouvelée en 1993 pour une nouvelle période de 10 ans.

Le marché des substrats horticoles représente une possibilité de **diversification pour les sables à glauconie**. Le CREHOR, Centre de Recherche Horticole de la Région Centre, a réalisé une expérimentation qui indique l'intérêt agronomique potentiel de la glauconie en horticulture.

ANNEXE 1

Renouvellement de l'autorisation préfectorale

d'ouverture

de carrière à Saulces - Monclin (1993)

PREFECTURE DES ARDENNES

DIRECTION DES RELATIONS
AVEC LES COLLECTIVITES LOCALES

Bureau de l'Urbanisme, de l'Environnement
et du Logement

TEL. : 24 37 22 11

REPUBLIQUE FRANÇAISE

08011 - Charleville-Mézières, le 30 AOUT 1993

Références : ND/GP 93/4882

Affaire suivie par Mme DANTIER

Monsieur le Directeur,

J'ai l'honneur de vous adresser, sous ce pli, deux ampliations de mon arrêté du 27 août 1993 qui vous autorise à poursuivre l'exploitation de la carrière sise à SAULCES-MONCLIN lieudit "Côte de Saint-Benoît".

Je vous rappelle que, conformément aux instructions en vigueur, je fais insérer à votre charge, dans le journal "L'UNION" un compte rendu de cet arrêté.

Je vous précise qu'une ampliation sera également transmise à votre siège parisien ainsi qu'au centre technique d'Orléans.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes sentiments distingués.

LE PREFET

Pour le PREFET.
L'ATTACHÉ de PRÉFECTURE
Chef de Bureau,

Murielle CLATOT

BRGM REIMS
ARRIVE N° 1618
-8 SEP 1993
REGISTRE

Monsieur le Directeur
du Bureau de Recherches
Géologiques et Minières
Pôle Technologique
Henri Farman
12 rue Clément Ader
B.P. 27
51051 R E I M S CEDEX

PREFECTURE DES ARDENNES

DIRECTION DES RELATIONS AVEC LES COLLECTIVITES LOCALES

Bureau de l'Urbanisme, de l'Environnement et du Logement

Tél. : 24.37.22.11

REPUBLIQUE FRANCAISE

A R R E T E N° 93/381

AUTORISANT LE B.R.G.M. A POURSUIVRE L'EXPLOITATION D'UNE CARRIERE SISE A SAULCES-MONCLIN LIEUDIT "COTE DE ST BENOIT"

Le PREFET des ARDENNES
Chevalier de la Légion d'Honneur

VU le Code Minier, et notamment son article 106,

VU la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature et le décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 pris pour son application,

VU la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement et le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour son application,

VU la loi du 27 septembre 1941 portant réglementation des fouilles archéologiques (titre III article 14) rendant obligatoire la déclaration de toute découverte archéologique fortuite,

VU la loi 80-532 du 15 juillet 1980 relative à la protection des collections publiques contre les actes de malveillance et notamment les articles 257-1 et 257-2,

VU le décret n° 79-1108 du 20 décembre 1979 relatif aux autorisations de mise en exploitation des carrières,

VU le décret n° 80-330 du 7 mai 1980 relatif à la Police des Mines et des Carrières et le décret n° 80-331 du 7 mai 1980 portant réglement général des industries extractives,

VU l'arrêté préfectoral n° 90/637 du 11 décembre 1990 autorisant le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) agence de REIMS à exploiter, pour une durée de 3 ans, une carrière de sables quartzeux sur le territoire de la commune de SAULCES-MONCLIN au lieudit "Côte de St Benoît", section ZI, parcelle 37p,

VU la demande de renouvellement d'autorisation introduite le 3 mai 1993 par le B.R.G.M. (agence de REIMS, Pôle Technologique Henri Farman, 12 rue Clément Ader) en vue de poursuivre l'exploitation de cette carrière,

VU les avis exprimés au cours de l'enquête par les chefs de service administratifs et par le Conseil Municipal de SAULCES-MONCLIN,

VU le rapport du Directeur Régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement de Champagne-Ardenne (2ème Subdivision des Ardennes) du 10 août 1993,

.../...

A R R E T E

Article 1er - L'autorisation accordée au B.R.G.M. par l'arrêté préfectoral susvisé est renouvelée pour une durée de 10 ans à compter de la date du présent arrêté.

Article 2 - Les prescriptions particulières d'exploitation et de remise en état sont celles contenues dans l'arrêté préfectoral d'autorisation initial du 11 décembre 1990.

Article 3 - Il est rappelé au pétitionnaire les dispositions de l'article 9 de l'arrêté d'autorisation du 11 décembre 1990 selon lequel le Service Régional de l'Archéologie de Champagne-Ardenne (3, Faubourg St Antoine - 51037 CHALONS-SUR-MARNE CEDEX - Tél. 26.68.28.94) doit être averti par lettre recommandée un mois à l'avance de l'échéance prévue pour toute opération de décapage.

Article 4 - En cas de changement de l'entreprise extérieure chargée d'effectuer les travaux d'aménagement et d'extraction des matériaux, le B.R.G.M. devra informer la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement des nom et adresse de la nouvelle entreprise.

Article 5 - Le présent arrêté sera affiché en mairie de SAULCES-MONCLIN.

Il fera par ailleurs l'objet d'une insertion dans un journal local ainsi qu'au Recueil des Actes Administratifs de la Préfecture des Ardennes.

Article 6 - Le Secrétaire Général de la Préfecture, le représentant du Directeur Régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, le Maire de SAULCES-MONCLIN et le représentant du B.R.G.M. sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Fait à CHARLEVILLE-MEZIERES, le 27 août 1993

PREFECTURE DES ARDENNES

POUR AMPLIATION
L'ATTACHE DE PREFECTURE
CHEF DE BUREAU

Catherine VAILLANT

Signé : Philippe CALLEDE

ANNEXE 2

Décisions du Bureau d'Homologation

des Matières Fertilisantes et des Supports

23 JUIL. 1992

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET
Sous-Direction de la Protection des Végétaux
175 rue du Chevaleret
75646 PARIS CEDEX 13

Paris, le 20/07/92

BRGM
DAM RMI BP6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
France

Objet : Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports

9230001

Décision

En application de la loi du 13 juillet 1979, de l'arrêté du 11 septembre 1981 et sur proposition du Comité d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture, les décisions suivantes ont été arrêtées dans les conditions précisées ci-dessous :

DESIGNATION COMMERCIALE : **GLAUCONITE**

Numéro d'autorisation **9230001** délivrée le 20/07/92

Teneurs garanties :
Sable à glauconie brut

TYPE DE PRODUIT : amendement minéral

Mode d'emploi : incorporation par mélange sur Sol

Dose d'emploi : 200 m3 par hectare

DECISION : AUTORISATION D'EXPERIMENTATION

MOTIVATION : Valable jusqu'au 20/07/93

AE valable 1 an. Le protocole présenté n'est pas acceptable dans le cadre d'une demande de mise sur le marché.

L'étiquetage doit, notamment, être conforme aux dispositions des articles 3 et 4 du décret n° 80-478 du 16 juin 1980 (J.O. du 29/06/80).

Pour le Ministre et par autorisation,
Le Sous-Directeur de la Protection des Végétaux

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET
Sous-Direction de la Protection des Végétaux
175 rue du Chevaleret
75646 PARIS CEDEX 13

Paris, le 20/07/92

BRGM
DAM RMI BP6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
France

Objet : Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports

9230002

Décision

En application de la loi du 13 juillet 1979, de l'arrêté du 11 septembre 1981 et sur proposition du Comité d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture, les décisions suivantes ont été arrêtées dans les conditions précisées ci-dessous :

DESIGNATION COMMERCIALE : **CONCENTRE DE GLAUCONIE**

Numéro d'autorisation **9230002** délivrée le 20/07/92

Teneurs garanties :
concentré de glauconie

TYPE DE PRODUIT : amendement minéral

Mode d'emploi : Localisation sur Sol

Dose d'emploi :
100 m3 par hectare

DECISION : AUTORISATION D'EXPERIMENTATION

MOTIVATION : Valable jusqu'au 20/07/93

AE valable 1 an . Le protocole présenté n'est pas acceptable dans le cadre d'une demande de mise sur le marché.

L'étiquetage doit, notamment, être conforme aux dispositions des articles 3 et 4 du décret n° 80-478 du 16 juin 1980 (J.O. du 29/06/80).

Pour le Ministre et par autorisation,
Le Sous-Directeur de la Protection
des Végétaux

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET
Sous-Direction de la Protection des Végétaux
175 rue du Chevaleret
75646 PARIS CEDEX 13

Paris, le 20/07/92

BRGM
DAM RMI BP6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
France

Objet : Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports

9230003

Décision

En application de la loi du 13 juillet 1979, de l'arrêté du 11 septembre 1981 et sur proposition du Comité d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture, les décisions suivantes ont été arrêtées dans les conditions précisées ci-dessous :

DESIGNATION COMMERCIALE : **MELANGE DE CONCENTRE DE GLAUCONIE ET DE PYRITE**

Numéro d'autorisation **9230003** délivrée le 20/07/92

Teneurs garanties :
concentré de glauconie additionné de 1% de pyrite

TYPE DE PRODUIT : engrais pour apport au sol

Mode d'emploi : sur

Dose d'emploi :
100 m3 par hectare

DECISION : AUTORISATION D'EXPERIMENTATION

MOTIVATION : Valable jusqu'au 20/07/93

AE valable 1 an sur le marché. .Le protocole présenté n'est pas acceptable dans le cadre d'une demande de mise

L'étiquetage doit, notamment, être conforme aux dispositions des articles 3 et 4 du décret n° 80-478 du 16 juin 1980 (J.O. du 29/06/80).

Pour le Ministre et par autorisation,
Le Sous-Directeur de la Protection
des Végétaux

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET
Sous-Direction de la Protection des Végétaux
175 rue du Chevaleret
75646 PARIS CEDEX 13

Paris, le 20/07/92

BRGM
DAM RMI BP6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
France

Objet : Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports

9230004

Décision

En application de la loi du 13 juillet 1979, de l'arrêté du 11 septembre 1981 et sur proposition du Comité d'Homologation des Matières Fertilisantes et des Supports de Culture, les décisions suivantes ont été arrêtées dans les conditions précisées ci-dessous :

DESIGNATION COMMERCIALE : **PYRITE**

Numéro d'autorisation **9230004** délivrée le 20/07/92

Teneurs garanties :
pyrite

TYPE DE PRODUIT : engrais pour apport au sol

Mode d'emploi : sur

Dose d'emploi :
0,5 m3 par hectare

DECISION : AUTORISATION D'EXPERIMENTATION

MOTIVATION : Valable jusqu'au 20/07/93

AE valable 1 an . Le protocole présenté n'est pas acceptable dans le cadre d'une demande de mise sur le marché.

L'étiquetage doit, notamment, être conforme aux dispositions des articles 3 et 4 du décret n° 80-478 du 16 juin 1980 (J.O. du 29/06/80).

Pour le Ministre et par autorisation,
Le Sous-Directeur de la Protection
des Végétaux

ANNEXE 3

Approche économique des

coûts de traitement

******

Y. Noël - Département Projets Miniers

BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

sables glauconieux comme amendement anti-chlorosant en Champagne

approche économique succincte

Y. Noël

février 1993
DMM/PM/93/045

BRGM
DIRECTION MINES MOYENS
Département des Projets Miniers
B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 - France - Tél.: (33) 38.64.34.34

OBJET

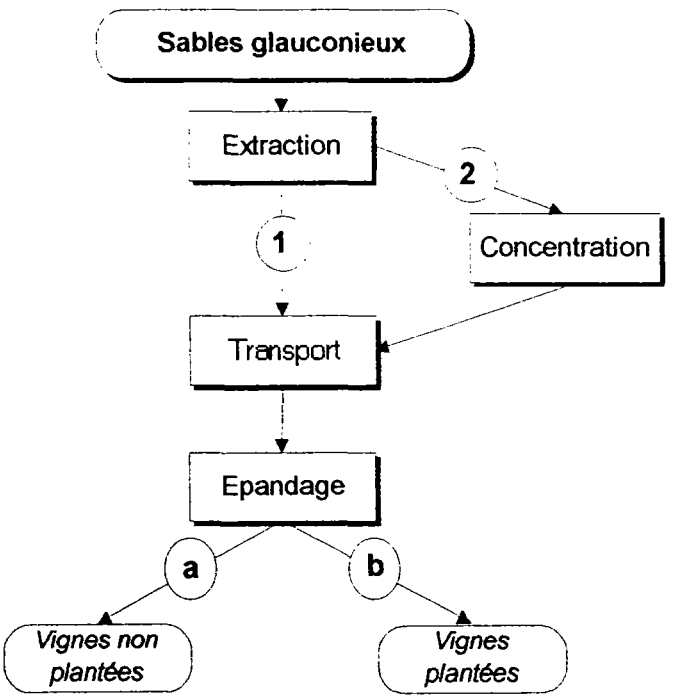
Une première approche économique en 1989 (1) montrait l'intérêt de la glauconie comme amendement anti-chlorosant dans le vignoble Champenois. Depuis des essais de concentration ont été effectués sur de gros volumes et des tests, en vrai grandeur, sur l'efficacité du produit sont en cours.

Il s'agit donc, par une analyse sommaire, de cerner les principaux facteurs de coût et l'ordre de grandeur de prix de revient auquel l'on peut s'attendre en tenant compte des nouvelles donnes.

PROCEDE

Pour protéger les vignes champenoises contre la chlorose, deux grandes voies ont été étudiées :

- ❒ L'épandage du produit brut (tel qu'il est extrait) ou bien,
- ❒ L'épandage du produit séché et concentré pour réduire les coûts de transports.



Pour chaque voie des densités d'épandage différentes peuvent être envisagées selon qu'il s'agit d'un **traitement préventif** (vignes non plantées) ou bien d'un **traitement curatif** (vignes plantées).

Nous retiendrons des concentrations en matériau brut de :

- 500 à 1000 m3/ha en traitement préventif,
- 200 à 400 m3/ha en traitement curatif.

Pour les concentrés, nous considérerons l'équivalent en glauconie contenue (donc en fer).

L'ajout d'un activateur comme la pyrite peut être envisagé.

La concentration diminue les coûts de transport mais accroît ceux d'extraction (récupération partielle)

---

[1]Utilisation des sables glauconieux comme amendement anti-chlorosant du vignoble champenois - Estimation des coûts de production de concentrés glauconieux. P. Morfaux, A. Perraud. Rapport BRGM, 89 SGN 737 CHA.

LES BESOINS

Ils sont encore très imprécis. Nous retiendrons que :

- les besoins en terres ferrugineuses pour terrains à sols peu épais. riches en calcaire actif sont estimés à 20 ha/an. la dose d'apport est alors de 1000 m^3/ha.
- La superficie totale en terrain calcaire chlorosant est de 8000 ha
- La superficie chlorosante replantée chaque année est d'environ 400 ha/an
- La durée de vie moyenne d'une vigne est de 25 ans.

De ces données nous retiendrons une vaste plage de production possible allant de 4 000 m3/an à 300 000 m3/an selon les espérances de marché et les nécessités de densité d'épandage. Une position raisonnable devrait être entre 20 et 40 000 m3/an.

LA RESSOURCE

Les réserves géologiques sont considérables, le problème ne se pose qu'en terme d'exploitabilité (accès, découverture, drainage, teneur, épaisseur) et de disponibilité foncière.

Un gîte à Saulces-Monclin (Ardennes) à fait l'objet d'une ouverture de carrière et de droits sur le foncier insuffisants, semble-t-il pour envisager une grande exploitation mais son environnement le permet. A titre d'exemple, il faut un gisement couvrant 6 à 12 ha pour pouvoir produire 20 à 40 000 m3/an (voir tableau joint).

Caractéristiques retenues :

Gîtes subhorizontaux bien drainés à soubassement marno-calcaire.

Epaisseur minéralisée : **5m** de sable glauconieux avec possibilité de faibles lits gréseux indurés.
Recouvrement : **1 à 2m** en moyenne de terrains argileux avec loupes argileuses

Teneur en glauconie du produit brut	sur humide	**36%**
	sur sec	43%
Densité humide en place :	**2,0** (estimée)	
Teneur en eau (sur poids humide)	**16%** (moyenne des mesures)	
Coefficient de foisonnement	1,2 à 1,3 (estimé)	

L'EXTRACTION

❑ Extraction s.s.

Les quantités à prélever restent très incertaines. L'extraction sera probablement limitée dans le temps en fonction du plan de charge des viticulteurs et des contraintes de plantation des vignes.

Dans l'hypothèse d'épandage du produit brut, il peut être intéressant de disposer de plusieurs sites de prélèvement afin de réduire les distances de transport.

Afin de disposer de toute la souplesse de temps et d'espace, nous supposerons l'**extraction sous-traitée.**

Le prix moyen constaté pour des exploitations comparables et pour des cadences de quelques dizaines de milliers de tonnes par an varie de :

- 10 F/m3 foisonné pour l'exploitation de produits meubles (argileux) sans sélectivité;
- 15 F/m3 foisonné pour une exploitation sélective.

Une offre pour la carrière pilote (petits volumes) de Saulce était de 17 F m3 en place (recouvrement ou sable glauconieux) soit environ 13,6 F m3 foisonné.

la sélectivité est inexistante ici, le matériau est facile d'extraction. Nous retiendrons, comme possible, un prix unique de **12 F/m3 foisonné** aussi bien pour la "minéralisation" que pour la découverture et les mouvements de terre annexes.

Dans l'hypothèse d'un taux de découverture de 2/5 et d'un surcoût pour divers aménagements (pistes, bassins, etc.) de 20% , l'extraction au sens strict revient à :

12 x 1,4 x 1,2 = **± 20 F/m3 foisonné de sables glauconieux**
± 12,5 F/t humide

❑ Reconnaissance du gisement (tarières, analyses) et contrôle

Outre les études préalables, un certain de sondages à la tarière seront nécessaires pour préciser l'exploitation au fur et à mesure de son avancée.

Le maître d'oeuvre a également un minimum de contrôle à exercer sur son sous-traitant.

- Une personne pour le suivi et les mesures est un minimum, soit 160 kF/an environ.
- Les frais de déplacement associés sont estimés à ±50 kF/an.
- Les coûts d'analyses et de foration sont estimés à moins de 1 F/m3 en place.
- Les contraintes de remise en état sont également estimées à environ 1 F/m3 en place.

❑Le foncier

Le terrain est supposé l'objet de contrats de fortage à 3 F/m3 en place.

LE TRAITEMENT

❑ Efficacité

Le **procédé** retenu, résumé dans le schéma ci-joint, s'effectue **par voie sèche.**

Le procédé par voie humide, qui à priori aurait dû être plus performant aussi bien en classification qu'en séparation magnétique, a été rejeté en raison des difficultés de mise en oeuvre dues à la forte proportion de fines voisines de 2 µm (35% d'inférieur à 40 µm) colmatantes et rendant difficile la séparation des phases solides - liquide.

Le rendement est mauvais. Le classification à 120 µm environ ne permet de récupérer que 37% de la glauconie alors que cette phase en contient 86%. En revanche, la séparation magnétique sur la sous-verse permet une récupération de 36% de la glauconie sur une phase qui n'en contient que 14%. Ceci est dû à des phénomènes d'entraînement par enrobage des grains.

Globalement **la concentration permet de réduire de 46% le poids à transporter** (rendement poids 0,54). La teneur du produit passe de 36% sur humide à 66%. (produit sortant à 2% d'humidité).

Le process impose de créer un seul centre de production , donc supprime toute flexibilité sur l'optimisation de la zone d'empreints par rapport au vignoble concerné.

Un tel traitement se prête très mal à une production saisonnière.

❑ Estimation très grossière du coût de traitement :

Eléments du coût d'exploitation :

Personnel	± 15 personnes (fonctionnement à 3 postes 5j/semaine) 15 x 160 kF	2400 kF /an
Electricité	± 25 kwh/t x 0,41 F/kwh	± 10 F/t
Fuel lourd	1 kg de fuel par % d'eau évaporé (soit 950 kcal par kg d'eau) soit 14 kg/t à 0,7 F/kg minimum	± 10 F/t
Pièces d'usures & de rechange	estimation globale par analogie	± 20 F/t

Investissement pour une production de 50 000 t/an (30 000 m3) :	**15 MF**

N.B. : Un sécheur rotatif de cette capacité coûte environ 4 MF et un séparateur magnétique environ 1 MF installé. Un séparateur a une capacité de l'ordre de 2 t/h. Il en faut 5 pour la capacité retenue.

Prix de revient pour une production de 50 000 t/an :

	F/t produite	F/m3 foisonné
Personnel	48	77
Consommables	40	64
Total coûts d'exploitation	**88**	**141**
Amortissement / 10 ans	30	48
Prix de revient (sans frais financiers)	**118**	**189**

LE TRANSPORT

Deux solutions sont envisageable. la livraison par semi-remorques sur plate-forme et reprise ou bien la livraison par camion de chantier (6x6) directement sur parcelle.

L'unité minimale d'épandage semble être 0,1 ha. soit pour une densité d'environ 500 m3/ha, une quantité d'apport de 50 m3 (80 t). Ce qui représente de 3 à 5 camions.

Un transporteur de la région propose 0,50 F/km/t en semi-remorque de 17 m3 (26 t) et 0,80 F/m/t en 6x6 de 10 m3 (16 t). Les prix pratiqués doivent correspondre, en première approximation, à un coût journalier de l'ordre de 2200 à 2500 F suivant le type de camion et les quantités négociées.

Suivant la distance, le nombre de rotations variera donc le tonnage transporté. Nous pouvons voir dans le tableau ci-après que la distance moyenne est de l'ordre de 100 km.

Quelques exemples de distances

Trajet	distance
Saulces - Pontfaverger	45 km
Saulces - Vertus	106 km
Saulces - Dormans	92 km
Saulces - Le Breuil	108 km
Saulces - Celles les Condés	100 km
Saulces - Vitry	125 km

Dans ces conditions ont peut envisager 2 rotations par jour. et les ordres de prix unitaires suivants :

Type de camion	charge	volume	prix constatés	Prix retenu
Semi-remorque	26 t	17 m3	0,40 à 0,50 F/t/km	**0,45 F/t/km**
6 x 6	15 -16 t	10 m3	0,65 à 0,80 F/t/km	**0,70 F/t/km**

Coût du transport sur 100 km :

Semi-remorque	45 F/t	72 F/m3
6 x 6	70 F/t	112 F/m3

Le transport en semi-remorque ne permet pas une livraison sur site. Le vigneron sera obligé d'effectuer une reprise par pelle,tracteur et remorques non chiffrée ici.

LES SERVICES GENERAUX

Leur importance dépend de la structure de gestion : société avec son propre personnel administratif, service d'un ensemble plus important, sous-traitance pro-parte. Dans l'ignorance de la structure juridique retenue, nous les prendrons égaux à 10% des coûts.

INVESTISSEMENTS

les travaux d'études et recherches antérieures sont estimés à 2 MFF.

Les seuls investissements physiques peuvent se résumer à quelques mobiliers de bureau ainsi qu'à 2 véhicules de service, soit ± 300 kF.

Même les locaux administratifs peuvent être loués.

CONCLUSION

Le traitement permet une économie sur le transport de 46%, soit de l'ordre de 52 F/m3 (32 F/t), mais occasionne un surcoût à l'extraction s.l. de 40% (voir éléments ci-après), soit 14 F/m3 (9 F/t), et génère en définitive un gain d'environ 38 F/m3 (23 F/t). Nous sommes très loin du prix de revient possible du traitement.

le traitement, à efficacité comparable du produit, n'est pas envisageable.

Le prix de revient du produit brut, pour une production voisine de 50 000 t/an, peut être grossièrement estimé comme suit :

❑ Coûts d'exploitation :

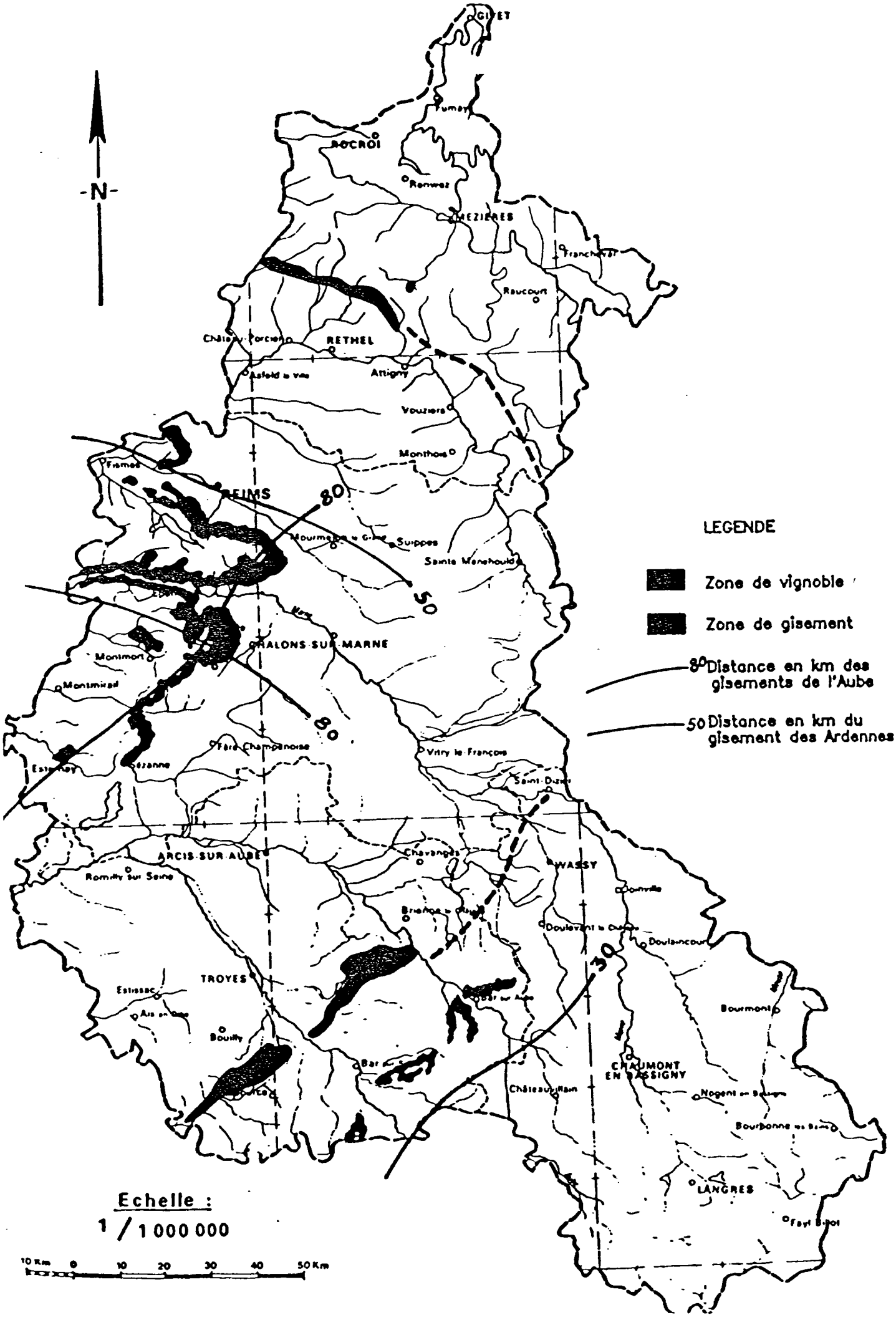
Extraction (sous-traitance)	12,5 F/t	20,0 F/m3
Fortage	1,5 F/t	2,4 F/m3
Contrôle, reconnaissance	7,4 F/t	11,8 F/m3
Remise en état	0,5 F/t	0,8 F/m3
Transport (camion 10 m3)	70,0 F/t	112 F/m3
Frais généraux (10%)	9,2 F/t	14,7 F/m3
Total coûts d'exploitation	**±101 F/t**	**±162 F/m3**

❑ Amortissement des études et investissements physiques :

amortissement	4,6 F/t	7,4 F/m3

Prix de revient possible pour 100 km de transport livré sur parcelle.	**±106 F/t**	**±169 F/m3**

Ce montant est à rapprocher des 60 à 80 F/m3 de prix d'apport de terres ferrugineuses mentionnés dans le rapport de 1989 cité en référence. La différence ne peut être analysée sans connaitre les composants de ce dernier coût, en particulier le transport. Reste à juger de l'efficacité de chacun des produits.


-N-
GIVET
Fumay
ROCROI
Renwez
MEZIERES
Raucourt
RETHEL
Attigny
Vouziers
Monthois
REIMS
80
Sainte Menehould
50
CHALONS-SUR-MARNE
Montmort
Montmirail
Fère Champenoise
Vitry le François
Saint-Dizier
ARCIS-SUR-AUBE
Romilly sur Seine
Chavanges
BRIENNE
Doulevant le Château
Doulaincourt
30
TROYES
Estissac
Bouilly
Bar
Bar sur Aube
Bourmont
CHAUMONT EN BASSIGNY
Châtes sur Marne
Nogent en Bassigny
Bourbonne les Bains
LANGRES
LEGENDE
Zone de vignoble
Zone de gisement
80 Distance en km des gisements de l'Aube
50 Distance en km du gisement des Ardennes
Echelle :
1 / 1 000 000
10 Km 0 10 20 30 40 50 Km

Capacités et réserves

Superficie totale chlorosée	8000 ha	densité humide	2.0
Surface replantée par an	400 ha	coeff. foisonnement	1.3

Cadence annuelle	20 ha	100 ha	200 ha	400 ha
durée maximale	400 ans	80 ans	40 ans	20 ans

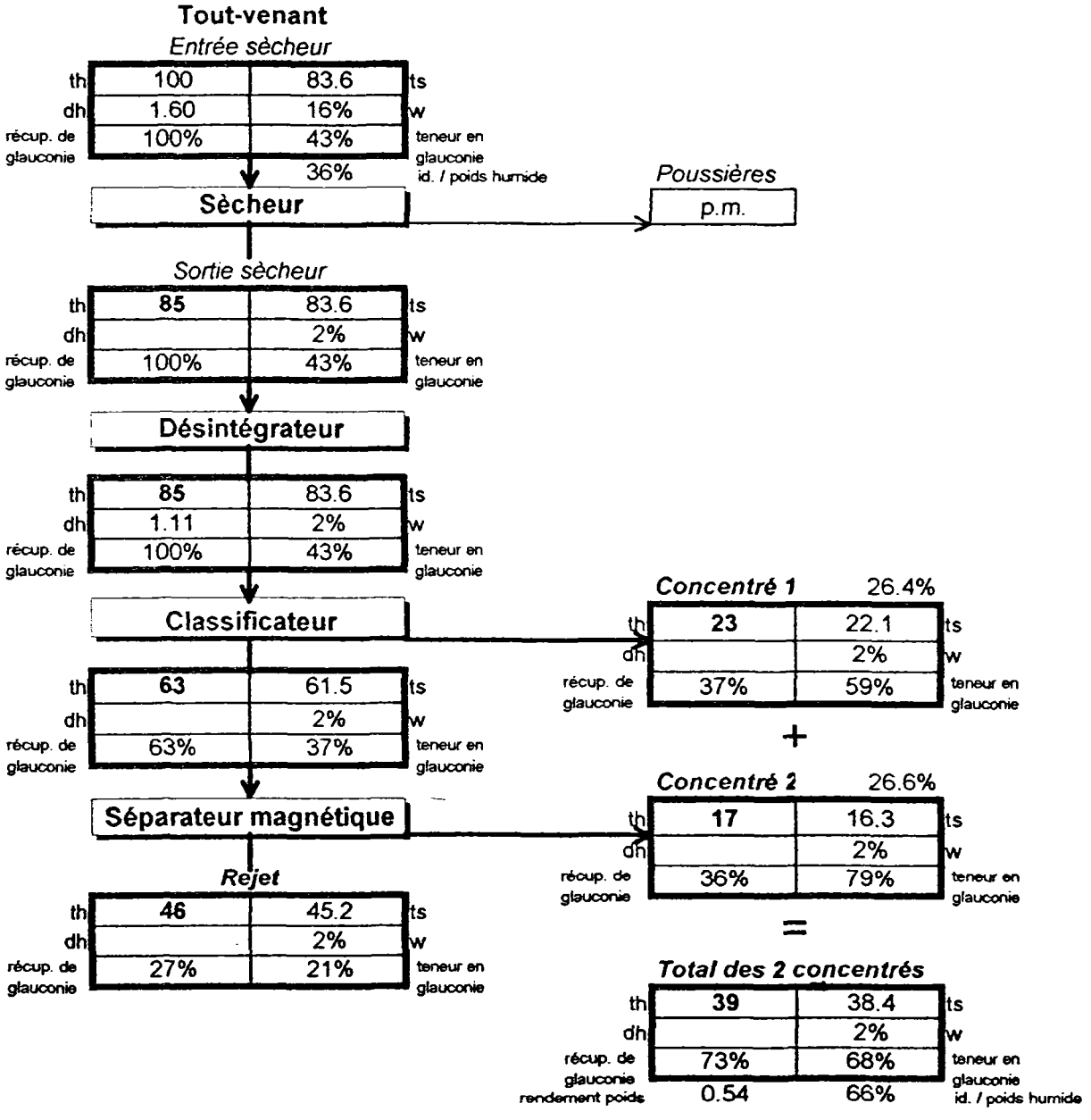
Epandage	production en m3/an en place			
250 m3/ha	4000	19000	38000	77000
500 m3/ha	8000	38000	77000	154000
1000 m3/ha	15000	77000	154000	308000

Epandage	Réserves pour 20 ans de production en Mm3			
250 m3/ha	0.08	0.38	0.76	1.54
500 m3/ha	0.16	0.76	1.54	3.08
1000 m3/ha	0.3	1.54	3.08	6.16

Epandage	Superficie en ha pour 5 m de puissance moyenne			
250 m3/ha	1.6	7.6	15.2	30.8
500 m3/ha	3.2	15.2	30.8	61.6
1000 m3/ha	6	30.8	61.6	123.2

Utilisation des sables glauconieux comme amendement anti-chlorosant du vignoble champenois

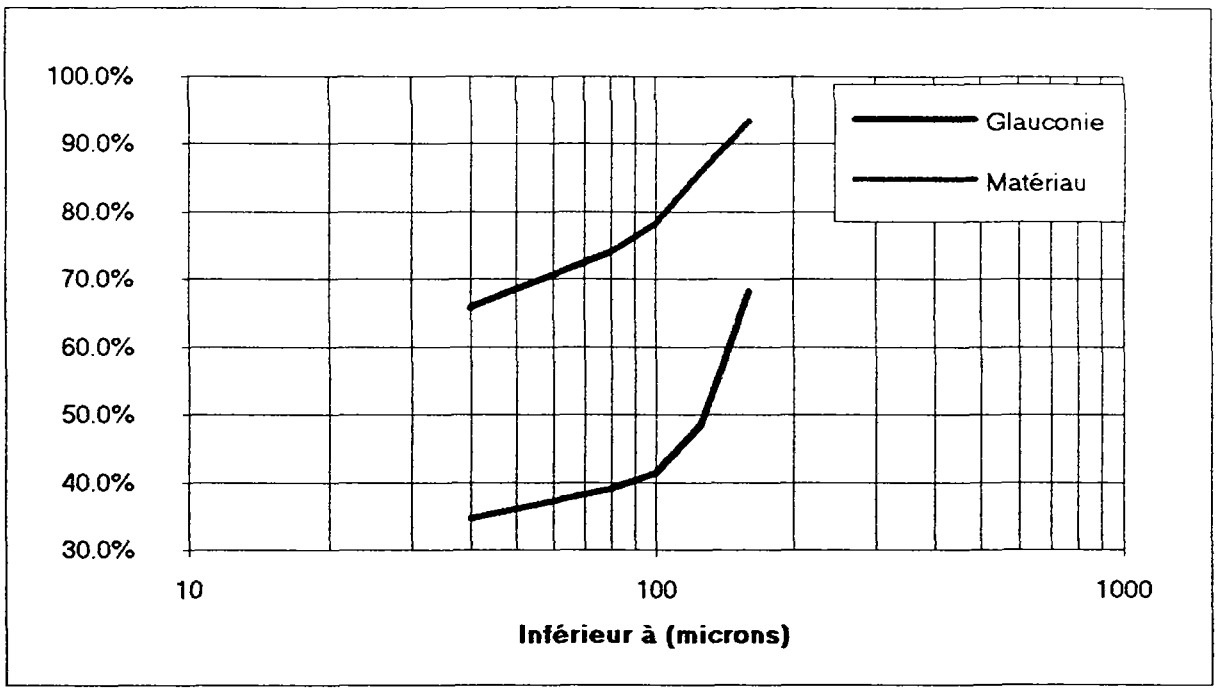
Schéma simplifié de traitement à sec



Sables glauconieux
Répartitions granulométriques

Fractions granulométrique inférieure à (microns)	Répartition pondérale (*)		Teneur en glauconie		Répartition de la glauconie	
	classe	*cumulée*	*classe*	*cumulée*	*classe*	*cumulée*
	31.8%	100.0%	9.8%	46.9%	6.6%	100.0%
160	19.6%	68.2%	18.1%	64.3%	7.6%	93.4%
125	7.2%	48.6%	49.4%	82.9%	7.5%	85.8%
100	2.3%	41.4%	84.0%	88.7%	4.2%	78.3%
80	4.4%	39.1%	87.8%	89.0%	8.3%	74.1%
40	34.6%	34.6%	89.2%	89.2%	65.8%	65.8%
Total	100.0%		46.9%		100.0%	

(*) matériau sec à 100°C



ANNEXE 4

Marché des substrats horticoles

Compte rendu d'essais

C.R.E.H.O.R.

Centre de Recherche et d'Expérimentation
Horticole de la Région Centre

EFFET D'UN APPORT D'ARGILE

A GLAUCONIE DANS L'ALIMENTATION EN FER

DE PRIMEVERE ACAULE

C.R.E.H.O.R. - Domaine de Cornay - 45590 **ST-CYR-EN-VAL** - Tél. 38.76.24.04
Télex 783 554 - Télécopie 38.69.07.92

PRIMEVERE ACAULE

ESSAI :
Effet d'un apport d'argile à glauconie dans l'alimentation en fer de primevère acaule

OBJECTIFS :
Tester l'influence d'une argile à glauconie sur la croissance et la coloration des plantes.
Effet sur la teneur en fer assimilable du substrat.

THEME :
Culture

MOTS CLES :
Primevère acaule - substrat - fertilisation

RESUME DES RESULTATS :
L'apport d'argile à glauconie en mélange au substrat a permis d'obtenir des plantes satisfaisantes.
La dose de 40 kg/m³ a fait augmenter de 72 % la teneur en fer échangeable du substrat.

STATION :
CREHOR -- Centre de Recherche et d'Expérimentation Horticole de la Région Centre - Domaine de Cornay - 45590 ST CYR EN VAL

PUBLICATIONS :
Compte rendu de l'essai : 30. F
Compte rendu complet des essais de l'année : 200. F

EFFET D'UN APPORT D'ARGILE A GLAUCONIE DANS L'ALIMENTATION EN FER DE PRIMEVERE ACAULE

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

I - MATERIEL ET METHODE :

11 - MATERIEL VEGETAL :

SOCIETE GRAINIERE	VARIETE	COLORIS
ELIDIA	Rapido	mélange
	Riviera	mélange
	Mascara	mélange
CAILLARD	Tina	rouge
	Ulrike	jaune
	Orion	

12 - TRAITEMENTS EXPERIMENTAUX :

. T1 Argile 20 kg/m³

. T2 Argile 40 kg/m³

. T3 Argile 40 kg/m³ + complément en fer Séquestrène 1 g/l

. T4 Témoin sans argile + complément en fer Séquestrène 1 g/l

. T5 Témoin sans argile sans complément en fer

L'argile utilisée est une argile purifiée, deshydratée et pulvérulente.

13 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

6 plantes par traitement et par coloris

soit 36 plantes au total par traitement

3 répétitions

Nombre total de plantes : 540

II - CONDUITE CULTURALE :

SEMIS :

En caissette

Substrat Agrofino 201

Caissettes recouvertes d'une plaque polystyrène

REPIQUAGE :

En plaques alvéolées TEKU diamètre 5 cms

Substrat Agrofino 204

REMPOTAGE :

En godet de 7 cms

Substrat fabriqué à la station CREHOR
50 % tourbe blonde fibreuse (baltique)
50 % tourbe noire
5 kg/m^3 de carbonate de chaux

Mise en place en serre 3 à 12°C le jour et 11°C la nuit

FERTILISATION :

Pour les traitements enrichis en fer : Sequestrène Fer
en arrosage à 1 g/l tous les 15 jours

Irrigation fertilisante avec engrais sans fer

Algospeed 14.7.29 à 1 g/l + correction acide nitrique
pour pH = 6

PROTECTION PHYTOSANITAIRE :

Fongaride en arrosage à 1 g/l au repiquage et rempotage

Benlate	0,6 g/l en arrosage	
Rovral	en pulvérisation	)
		) en alternance
Octave	en pulvérisation	)

CREHOR
Domaine de Cornay
45590 St Cyr en Val

ESSAI:
THEME: PRIMEVERES ACAULE BRGM

QTE	CONT	SUBS	SEM ANNEE	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	01	02	03	04	05	06	07	08	09
			SEM CULT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			SEMIS																							
			REPIQUAGE																							
540	∅ 7	proto cole	EMPOTAGE	X																						
			DISTANCAG					X																		
			NETTOYAGE									X														
			PINCEMENT																							
			TUTEURAGE																							
			FLO/VENTE													X	X	X								
			ECL/OBS																							
			FERTILISA		Fe		Fe		Fe		14.7.29		Fe		Fe		Fe									
			TRAITEMEN		Appl Ult						Rov Lan		Oct Lan		Oct Lan			Rov Dec								
			REGULATEU																							
			DENSITE	96/m2				48/m2																		
			CH FROIDE																							
			PH																							
			CONDUCTIV																							
			°MOY JOUR	12°																						
			°MOY NUIT	11°																						
			M D'OEUVR																							
			DIVERS																							

	CODE	PRODUIT	DOSE	MODE D'APPLICATION	DATE	COND CLIMATIQUE			OBSERVATIONS
						ENSOLEIL	°MOY	°MAX	
REGULATEUR CROISSANCE									
DESHERBANT									
FONGICIDE	Rov	Rovral	120 g/hl	Pulvérisation					
	Oct	Octave	50 g/hl	Pulvérisation					
INSECTICIDE/ACARICIDE	Appl	Applaud	40 cc/hl	Pulvérisation					
	Ult	Ultracide	150 cc/hl	Pulvérisation					
	Lan	Lannate	150 cc/hl	Pulvérisation					
	Dec	Decis B	50 cc/hl	Pulvérisation					
SUBSTRAT									
ENGRAIS		14.7.29	1g/l + HNO3	Algochimie					
	Fe	Séquestrène Fer arrosage	1 g/l						
DIVERS		Début de l'engrais sans fer 14.7.29	1 g/l						

Applaud	40 cc/hl
Lannate	150 cc/hl
Decis B	50 cc/hl

Les arrosages ne seront réalisés que le matin pour éviter le développement du botrytis.

III - ANALYSES - MESURES ET NOTATIONS :

31 - ANALYSE CHIMIQUE DES SUBSTRATS :

a) A mi-culture : Teneur en mg/l

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7,26	7,25	7,3	7,36	7,34
Nitrate NO3	1	10	0	5	9
Ammoniaque NH4	0	1	1	0	0
Acide phosphorique P2 O5	22	21	22	16	13
Oxyde de potassium K2 O	42	75	47	56	70
Oxyde de calcium CaO	213	233	203	186	210
Oxyde de magnésium MgO	34	38	33	30	35
Bore	0,020	0,030	0,023	0,016	0,013
Cuivre	0,010	0,009	0,053	0,055	0,014
Zinc	0,013	0,017	0,019	0,019	0,014
Manganèse	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Fer	0,649	1,745	3,569	2,715	0,178

On note une augmentation très nette de la teneur en Fer échangeable du substrat à la dose 20 kg/m³ et 40 kg/m³.

Cette teneur est 10 fois plus importante qu'avec le témoin. On ne note pas d'effet sur le pH du substrat.

b) En fin de culture :

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7,1	7,1	7,26	7,2	7,23
Nitrate NO3	0	1	0	1	3
Ammoniaque NH4	7	5	2	2	4
Acide phosphorique P2 O5	17	20	11	17	15
Oxyde de potassium K2 O	19	27	12	23	27
Oxyde de calcium CaO	165	170	154	148	155
Oxyde de magnésium MgO	20	19	18	17	19
Bore	0,17	0,16	0,185	0,096	0,235
Cuivre	0,003	0,00	0,066	0,072	0,009
Zinc	0,037	0,04	0,062	0,069	0,035
Manganèse	0,008	0,009	0,017	0,014	0,006
Fer	0,270	1,434	7,35	5,44	0,25

L'apport d'argile à raison de 40 kg/m³ a permis d'augmenter de façon sensible (+ 72 %) la teneur en fer à la disposition de la plante.

On ne note pas d'effet significatif sur le pH du substrat. On ne note pas d'effet également sur les autres éléments (en particulier les oligo-éléments).

32 - QUALITE DES PLANTES :

On ne note pas de différences significatives de développement du feuillage des plantes entre les traitements témoin avec ou sans Fer et les traitements avec argile.

Il en est de même pour la coloration des plantes, et ceci malgré l'absence de fertilisation en fer dans le témoin sans fer. Ceci peut s'expliquer par la présence de fer dans la tourbe brune utilisée pour le mélange (point à vérifier).

On peut toutefois noter qu'aucune gêne, aucune phytotoxicité n'a été enregistrée du fait de la présence d'argile.

En particulier, les systèmes racinaires des plantes sont parfaitement conformés sur tout le volume de la motte et de façon identique voire meilleure que le témoin.

L'analyse des caractéristiques physiques et hydriques des substrats avec et sans argile devrait être réalisée pour mieux connaître l'effet de l'argile sur les caractéristiques du substrat.

33 - PRECOCITE DE FLORAISON :

Date de floraison pour 50 % du lot fleuri

VARIETES		DATES DE FLORAISON		
		21/12	4/01	21/01
RAPIDO				
	T1		X	
	T2	X		
	T3		X	
	T4	X		
	T5		X	
RIVIERA				
	T1		X	
	T2	X		
	T3		X	
	T4	X		
	T5	X		
TINA				
	T1			X
	T2			X
	T3			X
	T4			X
	T5			X
MASCARA				
	T1	X		
	T2	X		
	T3	X		
	T4		X	
	T5		X	
ULRIKE				
	T1		X	
	T2	X		
	T3		X	
	T4		X	
	T5		X	

VARIETES	DATES DE FLORAISON		
	21/12	4/01	21/01
ORION			
T1		X	
T2	X		
T3		X	
T4		X	
T5		X	

On note globalement une avance de floraison d'une semaine pour 5 variétés sur les 6 testées pour la modalité avec 40 kg/m³ d'argile.

La variété Tina, qui est une variété tardive n'a pas montré de différente entre les différents traitements.

IV - CONCLUSION :

L'apport d'argile à glauconie en mélange au substrat à permis d'obtenir des plantes satisfaisantes à 20 kg et 40 kg/m³.

Seule la dose de 40 kg/m³ a permis d'augmenter de façon intéressante la teneur en fer échangeable du sustrat en fin de culture.

Toutefois, le témoin n'ayant pas laissé apparaître de carence ferrique, il serait nécessaire de poursuivre l'expérimentation du produit pour pouvoir conclure sur ce point.

PARTENAIRES
. C.D.H.R.O.
. C.N.I.H.
. CONSEIL REGIONAL DU CENTRE
. ONIFLHOR
. ANDA
. B.R.G.M.